Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band: 25 (1899)
Heft: 4

Artikel: Pathologie des constructions métalliques
Autor: Elskes, E.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-20840

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

25e ANNÉE 1899 N° 4

BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISSANT A LAUSANNE 8 FOIS PAR AN

Administration : Place de la Louve.
(GEORGES BRIDEL & Cie éditeurs.)

Rédaction : Rue Pépinet, 1.
(M. A. VAN MUYDEN, ing.)

Volume V

Sommaire : Pathologie des constructions métalliques, par E. Elskes, ingénieur des ponts métalliques à la Compagnie des chemins de fer du Jura-Simplon. — Les matériaux de construction suisses, par A. Gremaud, ingénieur en chef des ponts et chaussées du canton de Fribourg. (Suite.) — Concours d'architecture.

PATHOLOGIE DES CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES

par E. ELSKES, ingénieur des ponts métalliques à la Compagnie des chemins de fer du Jura-Simplon.

(*Suite*[1]).

Pratiquement, on peut recommander les règles suivantes: Pour de petits ouvrages, donner à la face supérieure des plaques d'appui une forme convexe, afin que le point de contact demeure toujours à peu près le même et que la surface commune, réduite au minimum, se maintienne sèche et se polisse même peu à peu.

Pour des ouvrages plus importants, et pour n'importe quel genre de ferme à appui libre, dès 15 mètres de portée, ne jamais omettre les galets de dilatation ni l'articulation et avoir soin de les maintenir propres et gras, afin qu'ils jouent librement.

Pour tous les ouvrages enfin, petits ou grands, ponts ou toitures, soigner minutieusement l'exécution des maçonneries dans le voisinage des appuis, y mettre de bons sommiers, trapus et lourds, en pierre dure ou en béton de ciment armé, laisser le temps de faire bonne prise avant le montage; puis déterminer par un nivellement la profondeur de chaque entaille, au lieu d'admettre sans contrôle que les maçonneries correspondent toujours exactement aux plans.

Il faut tenir les appareils d'appui et les sommiers le plus haut possible au-dessus du couronnement; il convient que les sommiers eux-mêmes fassent saillie au-dessus de l'arasement des maçonneries et que ce dernier soit sensiblement incliné, afin que l'eau et les immondices n'y séjournent pas.

On remarquera que des appareils élevés peuvent en général être visités, réglés, réparés ou même remplacés sans difficulté, opérations toujours difficiles et parfois dangereuses lorsqu'on a affaire à des appuis plats.

En un mot il faut des appuis aussi théoriques que possible, bien visibles et surtout très propres.

En disant théoriques, nous voulons dire que, loin de contrarier aucune des conditions posées par le calcul, ils doivent se prêter sans résistance appréciable à toutes les déformations que celui-ci prévoit, laissant à la maçonnerie ou au rocher le soin de fournir la fixité, la résistance, c'est-à-dire le niveau ou le point invariable proprement dit.

En les souhaitant visibles et propres, nous songeons au bon entretien des appuis, à leur conservation et à la durée de leur utilité.

Par malheur, c'est l'entretien et même la propreté la plus élémentaire qui laissent le plus à désirer aux appuis, tandis qu'il y en faudrait précisément davantage; en effet, souvent inaccessibles, presque toujours en contact avec la maçonnerie, la terre ou même la boue, cachés volontiers dans des recoins sombres et humides, les appuis métalliques n'ont inspiré jusqu'ici beaucoup de sollicitude à personne, même après des tassements marqués; on peut dire sans exagération qu'on ne s'est avisé de réparer que ceux qui menaçaient ruine.

A l'appui de ce qui précède, nous citerons quelques exemples d'appuis défectueux: les avaries qu'on y a constatées permettront de toucher du doigt les défauts dont nous avons voulu parler, de reconnaître combien nos reproches sont fondés; elles permettront aussi d'apercevoir facilement l'opportunité et la simplicité des remèdes que nous proposons.

Le chemin de fer de Lausanne à Berne compte plusieurs viaducs importants. Le plus connu est celui de Grandfey, sur la vallée de la Sarine, près de Fribourg (ouverture 333m84), construit par le Creusot de 1858 à 1862. Tous les détails de ce bel ouvrage d'art ont été étudiés avec un soin méticuleux; l'exécution et l'entretien en ont aussi été exceptionnellement minutieux dès l'origine et l'on peut dire qu'il est bien conservé.

Les seuls symptômes de fatigue ou de décrépitude qu'on y remarque sont certaines anomalies des appuis, tant des piles que des culées.

A leur sommet et à leur base, les douze colonnes en fonte qui constituent chaque pile sont reliées par un cadre massif, formé de pièces de fonte à section de T, boulonnées entre elles. Au sommet, ce n'est qu'un entretoisement plutôt décoratif; à la base, où le T est renversé, c'est un socle évidemment destiné à répartir les pressions sur la maçonnerie.

Pleine et massive, l'âme du T eût été en état d'opposer aux efforts tranchants qui la sollicitent une résistance suffisante; évidée et relativement mince (30 mm.) qu'elle est au contraire,

[1] Voir *Bulletin* 1897 N° 8, page 64.

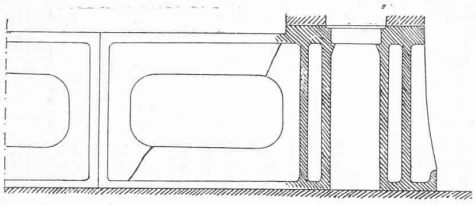

Fig. 15. — Grandfey.

elle s'est fendue en maint endroit comme le montre la figure 15; les fentes constatées sont dues en bonne partie, sans doute, à l'inégal refroidissement du métal; mais elles se sont ouvertes sous l'action d'efforts que le calcul n'avait pas prévus, leur conséquence est une répartition des charges plus inégale encore, mais non dangereuse.

Les fentes des couronnements sont moins nombreuses; on n'en trouve pas aux piles du milieu, mais seulement aux piles des extrémités, dont les mouvements et les charges sont plus considérables.

Pour être complet, nous ajouterons que les appuis sur les six piles du viaduc de Grandfey sont tous fixes: un madrier en chêne est intercalé entre les poutres et le couronnement en fonte sur toute la longueur de l'appui ($4^{m}50$ environ); c'est donc l'élasticité seule de la pile qui fournit le jeu nécessaire aux déformations et à la dilatation; voilà pourquoi les piles extrêmes sont plus fatiguées que celles du milieu.

Aux culées, tous les chariots ont une tendance à se mettre en biais. Il faut attribuer cette tendance à un affaissement presque imperceptible, mais dûment constaté cependant, d'un angle de la maçonnerie ou de certains sommiers sous la surcharge; chaque chariot est formé de quinze rouleaux cylindriques de 100 mm. de diamètre et de 600 mm. de long, reliés en chariot mais non guidés; ils sont simplement interposés entre deux surfaces planes, et ces surfaces, loin de demeurer horizontales ou tout au moins parallèles, subissent toutes deux des mouvements obliques divers: la plaque supérieure penche vers la rivière quand le pont s'infléchit, elle tendait aussi à s'incliner vers l'amont alors que la voie, posée jadis d'un côté du tablier, tordait celui-ci au passage des trains; la plaque inférieure, elle, suit les balancements du couronnement de la culée, et ses mouvements irréguliers sont les plus sensibles si l'on en juge d'après leurs effets, car c'est aux sommiers les plus disloqués que s'observent aussi les plus grands écarts du chariot; les pierres bien stables portent au contraire les chariots les mieux dirigés.

Ces pierres sont en beau calcaire du Jura; elles mesurent toutes 2 m. par $1^{m}30$, sur $0^{m}50$ d'épaisseur; il y en a deux sous chaque chariot; nous croyons qu'il eût mieux valu y mettre un plus grand nombre de pierres moins plates, car il est toujours difficile de bien asseoir des dalles plates. Ces pierres ont servi bien des fois de station aux opérateurs qui, à l'aide d'instruments à lunette et de mires collées aux fers, cherchaient à déterminer, lors des épreuves de charge, l'inflexion des diverses travées: il en est résulté, depuis de longues années déjà, une série de procès-verbaux fantaisistes et d'explications alambiquées, propres à rendre timide l'ingénieur qui cherche à tirer d'honnêtes conclusions de ce qu'il observe.

Il ne paraît pas y avoir de loi dans le sens des déviations des chariots; il est intéressant de noter cependant que, sur huit chariots, soit quatre par culée, deux seulement, — un sur chaque rive, — sont déviés dans le sens négatif; les six autres ont, vus en plan, tourné dans le sens de l'aiguille d'une montre. Les deux rotations négatives sont insignifiantes, car leur tangente trigonométrique, exprimée en millièmes, est de 6 seulement sur chaque culée, tandis que la somme des tangentes des rotations positives atteint 189; leur moyenne est de 33, le maximum atteint même 60 sur l'une des culées; sur l'autre la moyenne est de 30 et le maximum 49; aucune de ces rotations positives n'est inférieure à 11 millièmes.

Comme nos renseignements sur la position initiale des chariots manquent de précision et qu'on ignore même à quelle date certains chariots peuvent avoir été remis en place (nous en avons fait corriger un depuis 1892, c'est celui dont la déviation atteint déjà actuellement le maximum de 60 millièmes et dont la pierre est le plus mobile) nos constatations peuvent n'être que médiocrement intéressantes; si les torsions que le pont subissait jadis du fait de la dissymétrie des surcharges en étaient la cause déterminante, les déviations des deux rives seraient de signe contraire; peut-être l'inégal échauffement du tablier (dont l'axe court du S.-O. au N.-E.) par des rayons du soleil, le balancement diurne des piles ou des déformations en forme d'S, qui en résulteraient, y ont-elles contribué.

Les huit chariots vont être remis exactement à leur place et des observations plus précises pourront être faites dans quelques années; en attendant, le champ est ouvert aux chercheurs d'hypothèses et de calculs hasardés.

Ce ne sont là, en somme, que des bagatelles; cependant il nous a semblé utile de les enregistrer avec quelques détails, à cause de l'importance de l'ouvrage.

Plus sérieuses sont les avaries constatées aux cinq autres viaducs de la ligne Lausanne-Berne, à savoir ceux du Châtelard (ouverture $123^{m}70$), de la Mionnaz ($111^{m}85$), de Maconnens (25 m.), de Guin ($110^{m}20$) et de la Singine ($68^{m}28$), — total $439^{m}03$ d'ouverture, — construits en 1861 par la maison Cail, de Paris; ils sont tous semblables, formés de poutres droites à lattice en fers plats, continues sur plusieurs travées aux quatre plus grands ouvrages, selon un type assez répandu sur tout le continent et créé par l'ingénieur autrichien Etzel. A l'origine, la voie s'y trouvait à mi-hauteur des poutres, qui formaient garde-corps [1].

Le défaut capital de ces ouvrages, moins bien construits que le viaduc de Grandfey, défaut constaté à tous les cinq sans exception, avant même que l'on consacrât aux ponts en fer toute l'attention et les soins dont ils sont aujourd'hui l'objet, était un défaut des appuis: les poutres principales reposaient presque immédiatement sur la maçonnerie.

Celle-ci n'était peut-être pas partout de la meilleure qualité, mais l'effet était toujours le même et la maçonnerie même la mieux faite finissait par se disloquer.

[1] Voir la description de ces viaducs dans la *Notice sur les chemins de fer de la Suisse occidentale*, par M. l'ingénieur en chef Meyer. Bulletin 1878, p. 19.

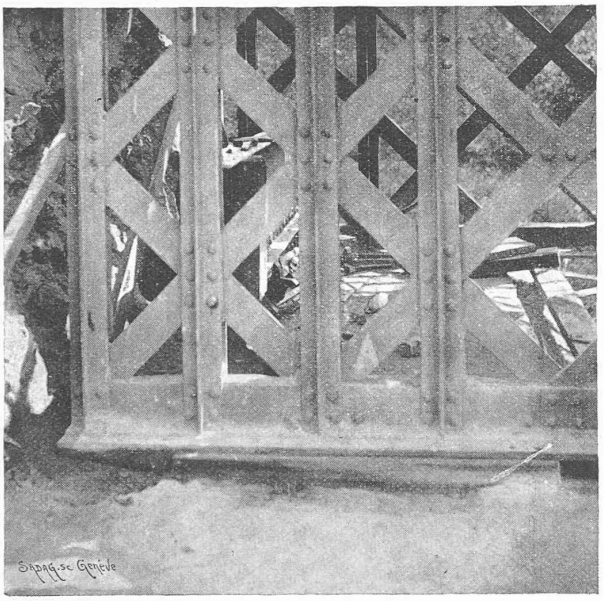

Fig. 16. — Châtelard.

Nos figures 16 et 17 représentent un appui sur culée et un appui sur pile avant la réfection de ces viaducs : la plaque en fonte, plane, mince et allongée, qui s'étend sur toute la longueur de l'appui et presque sur toute la largeur de la pile, est une glissière où rien ne glissait et qui répartissait fort mal la résultante, variable et voyageuse, des surcharges. Ancrées aux pierres de taille du couronnement ou immobilisées par ces pierres, les poutres les tiraillaient dans les deux sens, plus encore sous l'effet des déformations au passage des trains que sous celui des variations de la température.

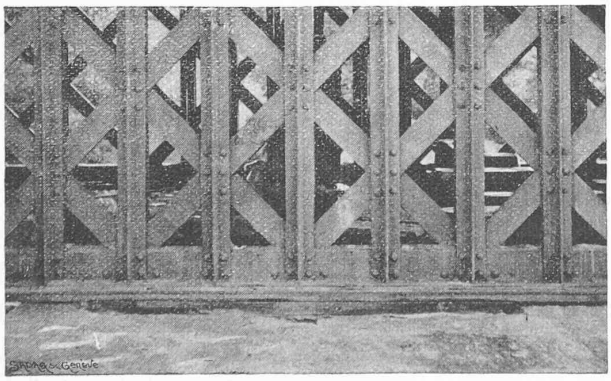

Fig. 17. — Châtelard.

Car, loin de répartir uniformément la charge sur toute leur grande surface, ces plaques tendaient à épouser l'inclinaison variable de la ligne élastique, concentrant par suite les réactions tantôt vers une extrémité, tantôt vers l'autre ; il arrivait même par endroits que, les plaques étant trop profondément encastrées, les têtes des rivets des poutres appuyaient sur la pierre de taille, tout au bord du couronnement. Il était donc inévitable que les pierres se disloquassent et se fendissent, ce qui a été constaté un peu partout, et même que, la température aidant, certaines culées moins élastiques que les hautes piles subissent des décollements inquiétants, dès les premières années de l'exploitation.

Celles de ces fissures que nous avons encore pu observer au viaduc de Maconnens se refermaient plus ou moins suivant que la température s'élevait ou s'abaissait.

On obvia à ces décollements en munissant peu à peu les culées de chariots de dilatation. Lorsque les piles eurent trop à pâtir, on fut obligé de déplacer le tablier latéralement, pour le faire reposer sur le milieu des piles et sur des pierres saines ; c'est ce que fit en 1885, au viaduc de la Mionnaz, M. Manuel, alors ingénieur de section (v. *Bulletin*, 1886, p. 26), et ce que nous fûmes aussi obligé de faire en 1893 au viaduc de Guin, dont l'un des appuis se trouva quelque temps dans une position critique.

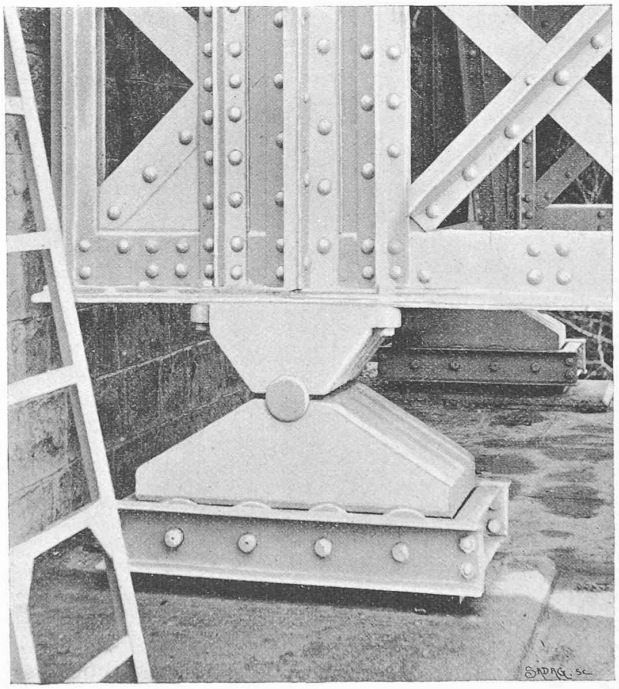

Fig. 18. — Mionnaz.

Aujourd'hui, ces viaducs ont été munis d'appareils d'appui plus modernes et leurs maçonneries, chargées d'une manière plus rationnelle, sont à l'abri des mouvements variés du tablier, qui lui-même est sollicité par des réactions mieux en harmonie avec celles du calcul. Nos figures 18, 19 et 20 montrent les appuis neufs du viaduc de la Mionnaz, réfectionné en 1898.

Nous avons insisté sur les inconvénients de ces appuis plats et démesurément longs, pour combattre un vieux préjugé, encore assez répandu non seulement dans le public, mais encore parmi nombre de techniciens, savoir que les appuis doivent être très longs. Le viaduc de Guin, dont nous venons de parler, avait des corbeaux en pierre de taille devant tous ses appuis, et l'on a pu voir jusqu'en 1897 au viaduc de la Lorraine, à Berne, construit aussi par Etzel, les grandes consoles en fonte que représente notre figure 21, empruntée à l'ouvrage

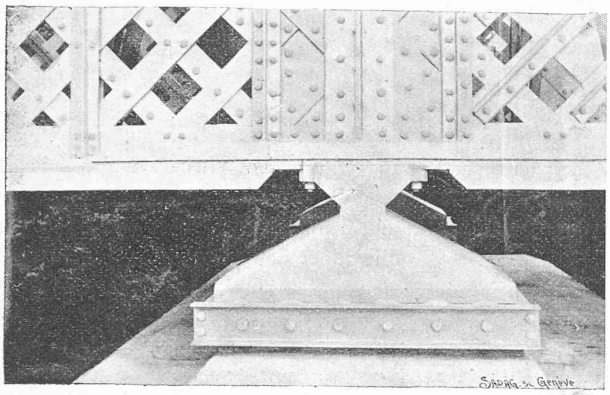

Fig. 19. — Mionnaz.

de Winkler ; l'auteur les y signalait d'ailleurs comme une curiosité peu recommandable.

Nous devons à la vérité de dire que les ouvrages exécutés en Suisse sous la direction immédiate d'Etzel sont mieux conditionnés au point de vue des appuis que les ponts de la ligne Lausanne-Berne, fabriqués à Paris avec une certaine hâte et pour l'exportation ; ils sont aussi plus cossus et les maçonneries en sont plus soignées. Ainsi les ponts du chemin de fer Central suisse n'ont pas, en général, éprouvé les mêmes avaries ; il y a bien eu des dislocations de culées, mais les piles sont demeurées indemnes et cela tient surtout à une disposition un peu plus rationnelle des plaques d'appui : dépassant, il est vrai, la largeur de la maçonnerie (v. fig. 22), elles enserrent tout le couronnement entre deux talons ; elles ne peuvent donc pas s'attaquer aux pierres isolément, mais maintiennent le tout ensemble ; de plus, au lieu d'être planes, elles affectent la forme d'un toit à deux pans ; dès lors, si la réaction change de place, la tangente est libre d'osciller et les pressions sont mieux réparties.

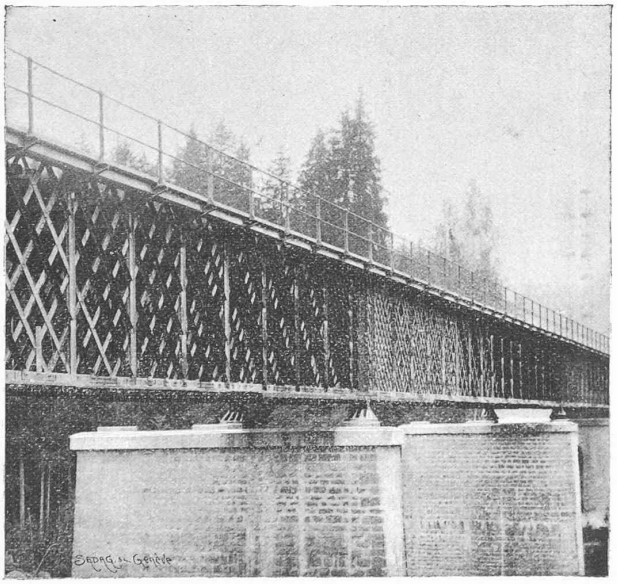

Fig. 20. — Mionnaz.

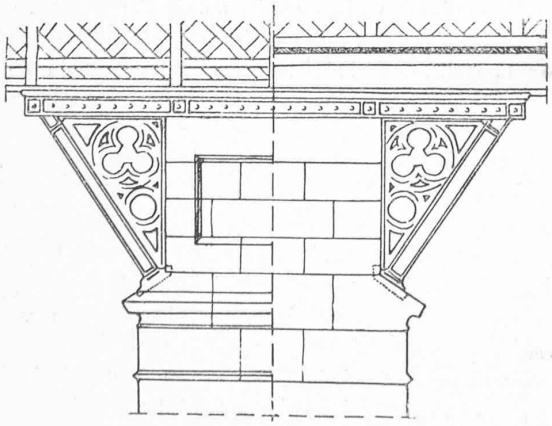

Fig. 21. — Lorraine (Berne).

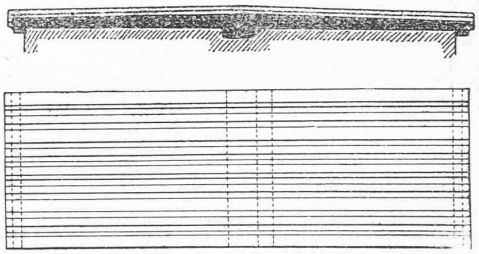

Fig. 22. — Busswil.

Notre figure 22 représente l'une des plaques d'appui du pont sur l'Aar, à Busswil (ouverture 45 m.), construit en 1863 par les ateliers du Central suisse, à Olten, pour le chemin de fer de l'Etat de Berne.

Néanmoins le préjugé des appuis longs s'est maintenu et plusieurs veulent encore attribuer aux appuis la cause de toutes les chûtes de ponts, non pas au système plus ou moins vicieux des appuis, mais à leur défaut de longueur ou à leur trop grande mobilité.

Mainte fois, nous avons eu à réfuter des explications fantaisistes de l'effondrement de Mönchenstein : des personnes très cultivées sont même venues à nous avec des modèles, des règles très flexibles qu'elles chargeaient et faisaient fléchir jusqu'à les faire glisser entre leurs appuis si elles étaient courtes, tandis que plus longues, elles y demeuraient encore suspendues.

M. le professeur Gaudard, dans sa théorie du gauchissement des ponts métalliques[1], impute aussi à un défaut des appuis, notamment à l'absence d'ancrages, l'origine de tout le mal. MM. Collignon et Hausser considéraient au contraire, dans leur rapport[2], le fait que le pont de Mönchenstein a quitté ses appuis comme une conséquence et non la cause de sa rupture, et les images caractéristiques de nos figures 1 et 2 (v. *Bulletin*, 1897, p. 22 et 23) sont bien faites pour leur donner raison.

Ancrer un pont métallique d'une centaine de tonnes à deux

[1] *Le gauchissement des ponts métalliques*, par J. Gaudard, professeur. Génie civil 1893, p. 153.

[2] *Rapport sur la catastrophe du pont de Mönchenstein*, par MM. les experts Collignon et Hausser. Berne 1892.

pierres pesant tout au plus 4 à 5 tonnes chacune, paraît en effet une précaution quelque peu dérisoire ; l'expérience prouve qu'elle est superflue.

Etzel, qui rêvait d'une solidarité intime du fer avec la maçonnerie, ancrait tous ses petits ponts aux culées à l'aide de longues tiges de 4 m. de hauteur environ (v. fig. 23) : mais ces

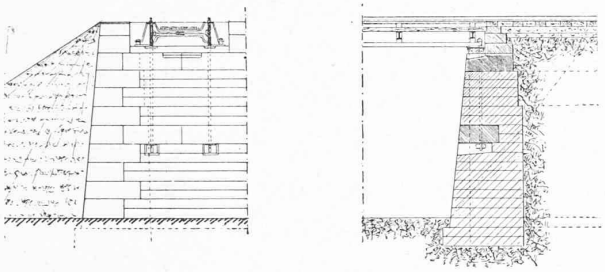

Fig. 23. — Etzel.

tiges auraient vraisemblablement disloqué les culées du haut en bas si l'on n'avait eu la précaution d'interposer une forte sablière en chêne entre la maçonnerie et le tablier métallique ; par malheur, c'était là une pièce sujette à une usure rapide et difficile à remplacer, ce qui fit bien vite condamner le système et les longues tiges d'ancrage avec lui.

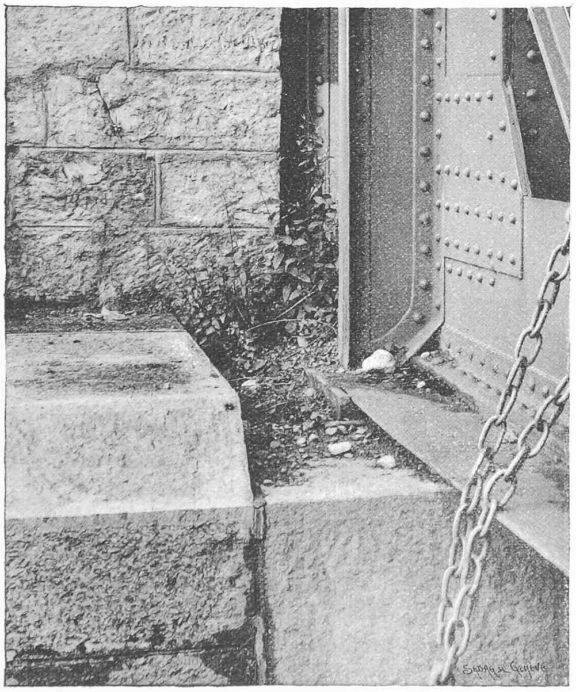

Fig. 24. Vallorbe.

Un autre inconvénient des appuis longs et plats est la sâleté qui bientôt envahit la maçonnerie et vient augmenter encore les frottements, déjà considérables lorsque tout est neuf.

Notre figure 24 représente un des appuis du viaduc de Vallorbe (ouverture 119 m.), tel que les monteurs l'ont trouvé lors de la seconde révision générale (1896) ; nous avions cru alors qu'on ne l'avait jamais nettoyé depuis l'origine, mais en moins de trois ans la culée est déjà redevenue aussi fruste et agreste qu'alors.

La végétation s'implante volontiers aux culées des ponts ; suivant l'altitude ou l'exposition, ce sont les essences les plus variées, depuis la mousse, propice à l'humidité et à la rouille,

Fig. 25. — Monthey.

jusqu'aux arbrisseaux touffus, qui forment parfois de vrais jardins, témoin la figure 25, montrant un des appuis du pont sur la Vièze, à Monthey (ouverture 30m20), tel qu'il se trouvait il y a peu d'années.

On remarque la forme des plaques d'appui, semblable à celle des viaducs de la ligne Lausanne-Berne et (v. fig. 26) la

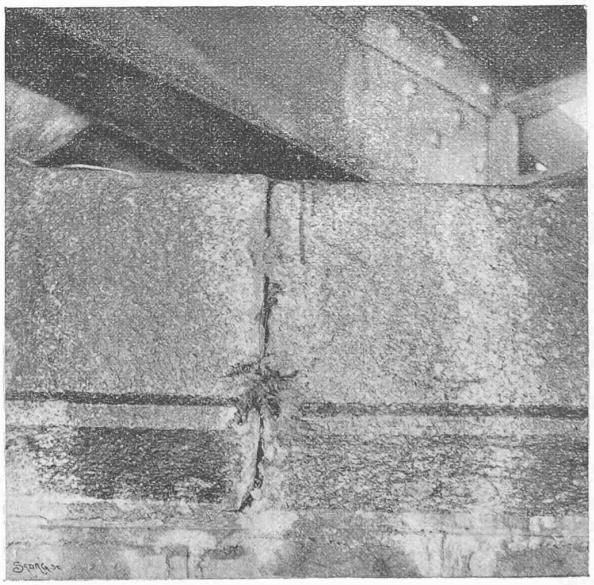

Fig. 26. — Monthey.

dislocation du couronnement qui en est la conséquence obligée. Les culées étaient cependant bien faites et le pont, construit pour deux voies, lourd et solide, n'est pas de ceux qui se déforment beaucoup.

Lorsque les poutres sont plus flexibles et les maçonneries moins massives et moins bonnes, l'effet de dislocation est plus accentué, ainsi les fissures de la figure 27, qui s'étendaient bien au-dessous des sommiers (pour plus de clarté, nous y avons marqué les fissures en noir) ; c'était la culée côté Brigue de l'ancien pont sur la Dala, près de Louèche (ouverture 11m50),

pont aujourd'hui démoli et remplacé par une arche en maçonnerie.

Dans les ouvrages biais et dans ceux qui n'ont pas de contreventements (v. fig. 28, pont sur l'Arnon, ouverture 12m80),

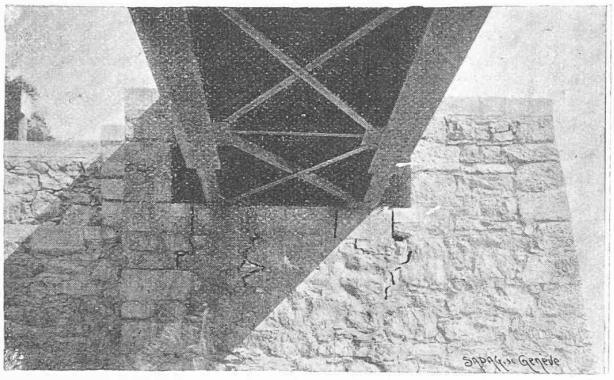

Fig. 27. — Dala.

les avaries de ce genre sont encore plus fréquentes, parce que les poutres se tordent un peu dans tous les sens et que l'appareil des pierres est le plus souvent moins soigné lorsqu'il est plus compliqué. Quand l'appui est placé au sommet d'un

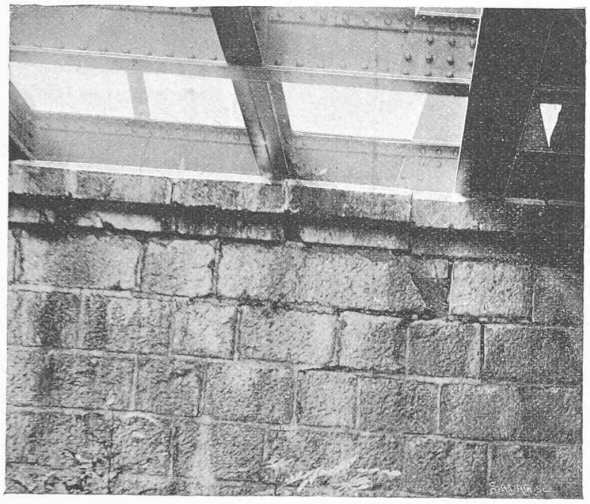

Fig. 28. — Arnon.

angle aigu, la dislocation de la maçonnerie est presque certaine; s'il n'y a pas de galets, ce n'est qu'une question de temps même pour des ponts-routes.

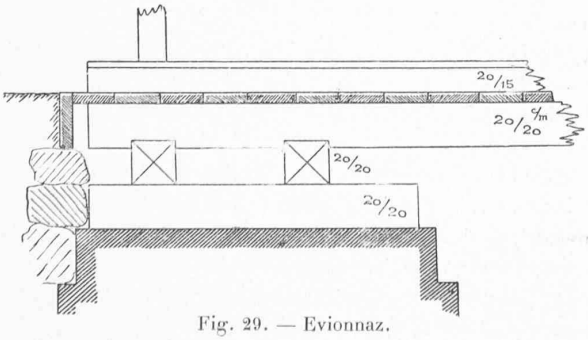

Fig. 29. — Evionnaz.

Nous remarquerons en terminant ce chapitre des glissières, que des charpentiers intelligents ont déjà imaginé l'appui rationnel sur la maçonnerie, bien avant qu'on ne réalisât la même réforme pour les constructions en fer. La fig. 29 montre l'appui d'une passerelle en bois de la ligne du Simplon, à Evionnaz (Valais); ce détail ingénieusement conçu figure avec honneur à deux cents mètres environ d'un passage supérieur à treillis de 20 m. d'ouverture, construit à la même époque et dont les appuis plats n'ont pas moins de 1m50 de long chacun!

(*A suivre.*)

LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION SUISSES

par A. Gremaud

Ingénieur en chef des ponts et chaussées du canton de Fribourg.

(*Suite.*)

5° Divers.

Nous parlerons ici des matériaux qui jouent un certain rôle dans les constructions et qui n'ont pu être classés dans les subdivisions précédentes, tels sont : l'asphalte, les produits artificiels, le xylolithe, etc.

a) *Asphalte.* L'asphalte se trouve dans les cantons de Genève et de Vaud, sous forme de roches molassiques imprégnées de matières bitumeuses. Dans le canton de Neuchâtel, on trouve des roches calcaires imprégnées de bitume.

Des essais d'exploitation ont été faits à plusieurs endroits, mais la roche n'était pas assez riche en bitume pour rémunérer les frais. Cependant, de 1836 à 1839, on exécuta à Genève et au Fort-de-l'Ecluse divers travaux en asphalte provenant des environs de Dardagny.

Aujourd'hui on n'exploite plus d'asphalte que dans le Val-de-Travers ; ce produit est connu depuis plus de 200 ans, mais son exploitation régulière et normale ne date que du commencement du siècle. L'exploitation se fait entre Travers et Couvet, sur la rive droite de la Reuse, à l'endroit dit « la Presta » et « aux Grands-Champs. »

L'asphalte brut du Val-de-Travers n'est autre chose qu'un calcaire blanc, crayeux dans l'origine, mais pénétré et coloré en brun ou en noir par du bitume. Le banc de roche asphaltique a une épaisseur variant de 4 à 8 mètres. Les blocs extraits sont réduits en poudre. L'asphalte pulvérisé est expédié tel quel ou bien distillé pour en préparer le mastic (asphalte collé ou asphalte comprimé).

La roche contient 10 % de bitume.

La « *Neuchâtel Asphalte Company* » expédie ses produits dans toutes les contrées de l'Europe et même en Amérique. Elle a fait une exposition très remarquable de ses produits : roches brutes, pulvérisées, bitumes, mastics, etc. Un modèle de chaussée asphaltée montrait les avantages de ce genre de pavage.

Les carrières du Val-de-Travers produisent en moyenne par année 15 000 tonnes de roches brutes.

L'asphalte trouve une foule d'applications : asphaltage de trottoirs et de terrasses, carton bitumeux, matériel d'isolement, etc.

L'asphaltage des trottoirs pourrait être d'un usage plus fré-